



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

DRAPÁKOVÉ ZAŘÍZENÍ RYPADLA

GRAPPLE OF THE EXCAVATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

VEDOUCÍ PRÁCE

AUTHOR

Petr Fiala

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Petr Fiala**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Drapákové zařízení rypadla

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh polypového drapáku pro manipulaci se sypkým materiálem. Drapákové zařízení bude užíváno jako výměnné zařízení na rypadle požadované nosnosti. Drapák bude mít kleštiny s lopatkovým (polypovým) tvarem pro manipulaci se sypkým materiálem a drobným kovovým odpadem.

Základní parametry:

Objem drapáku 400 dm³.

Nosnost drapáku max. 3000 kg.

Provozní tlak pracovní hydraulické soustavy max. 360 bar.

Počet drapákových kleštín 4 kusy.

Cíle bakalářské práce:

Provedení rešeršního rozboru technických parametrů obdobných zařízení a porovnání možností jejich využití.

Návrh konstrukce rámu a čelistí drapáku.

Analytický pevnostní výpočet konstrukčních částí.

Výpočty funkčních parametrů zařízení.

Celková sestava zařízení.

Svařovací sestava rámu drapáku a jeho čelistí.

Podsestavy a výrobní výkresy jednotlivých částí.

Seznam literatury:

KOVÁČ, Milan a Vladimír Klapita. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

ZÁLEŽÁK, Milan. Technológia v prístavoch a prekladiskách. 1. vyd. Žilina: EDIS, 2004. ISBN 8080702004.

NEPRAŽ, František. Modelování systémů s hydraulickými mechanizmy. 1. vydání. Brno: Bosch Rexroth, 2002. ISBN 8021421878.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvihačích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 27. 10. 2016

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je navrhnout polypový drapák, schopný manipulovat s různorodými materiály. Obsahem práce je koncept tohoto zařízení s novým tvarem. Nalezneme zde technické zpracování částí drapáku a potřebné výpočty. Zařízení je navrženo jako výměnné příslušenství k bagrům.

KLÍČOVÁ SLOVA

Drapák, polypový, drapákové zařízení, drapáková kleština, hydraulické zařízení, manipulace s materiálem

ABSTRACT

In this work is designed hydraulic polyp grapple for handling with wide range of materials. The content of this work is concept of new shaped handling equipment. There is technical processing of parts of the grapple, and calculation. Device is designed as changeable equipment for excavators.

KEYWORDS

Grapple, polyp, excavator equipment, hydraulic device, handling with material

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FIALA, P. *Drapákové zařízení rypadla*. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 50 s. Vedoucí diplomové práce Jaroslav Kašpárek

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2017

.....

Petr Fiala

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této práce.

OBSAH

Úvod	10
1 Obecné parametry zařízení	11
2 Rozdělení polypových drapáků	12
3 Výrobci drapáků	13
4 Porovnání koncepčně podobných drapáků	16
5 Konstrukční návrhy	18
6 Konkrétní parametry polypového drapáku	19
7 Konstrukční řešení	20
7.1 Chapadlo	20
7.2 Základna	21
7.3 Čepy	21
8 Rotátor	22
9 Přímočarý hydromotor	23
10 Funkční výpočty hydromotoru	24
10.1 Vysouvací síla přímočarého hydromotoru	25
10.2 Zasouvací síla přímočarého hydromotoru	25
10.3 Hmotnost hydromotoru	26
10.4 Délka hydromotoru	26
10.5 Rychlost vysouvání a zasouvání pístnice	27
10.6 Doba zavírání a otevírání drapáku	28
11 Pracovní objem drapáku	29
11.1 Výpočet objemu	30
11.2 Celkový objem drapáku	30
12 Návrh čepového uložení chapadla na základně	31
12.1 Výpočtové parametry	31
12.2 Zjištění síly ve vazbách	32
12.3 Síly ve vazbě C	33
12.4 Maximální ohybový moment v čepu	34
12.5 Výpočet dovoleného ohybového napětí	34
12.6 Výpočet potřebného průměru čepu	34
12.7 Kontrola na otláčení	35
12.8 Kontrola na střih	35
13 Návrh čepového uložení hydromotoru v chapadle	36
13.1 Výpočtové parametry	36
13.2 Výpočet silového zatížení	37

13.3	Výpočet maximálního ohybového momentu.....	38
13.4	Výpočet dovoleného ohybového napětí	39
13.5	Výpočet potřebného poměru čepu	39
13.6	Kontrola na otláčení	40
13.7	Kontrola na střih	40
14	Kontrola svarových spojů	41
14.1	Celkové smykové napětí ve svaru	43
14.2	Výpočet dovoleného napětí	43
14.3	Výpočet bezpečnosti svarového spoje	43
15	Údržba zařízení	44
16	Závěr	45
17	Seznam použité literatury a zdroje informací	46
18	Seznam použitých symbolů a zkratk	47
19	Seznam výkresové dokumentace	50

ÚVOD

Tato práce je zaměřena na polypový drapák. Jedná se o prvek manipulační techniky pro práci s materiálem. Širší veřejnosti se možná spíše vybaví kleštinový drapák umístěný na mobilním jeřábu nákladního automobilu nebo nástroj kolového nakladače někde v zemědělském družstvu, kde se jedná o vidlicový drapák. Polypový drapák, o který půjde v mé bakalářské práci je jedinečný svou stavbou. Od dříve zmíněných drapáků, jejichž čelisti pracují pouze v páru se polypový drapák liší tím, že stisk je zajištěn několika protichůdnými chapadly.[3]

Drapák se čtyřmi chapadly určený k manipulaci se sypkým materiálem, je tedy vhodný pro přepravu především šterku, písku či drobného odpadního materiálu. Pro přepravu sypkého materiálu jsou kleštiny uzpůsobeny svým tvarem, který připomíná lopatky srdcovitého či listového tvaru.

Zařízení jsem se rozhodl koncipovat jako výměnné, to nabízí variabilitu ve výběru vhodného „nosiče“, tedy stroje, na který bude drapák namontován.

Cílem mé bakalářské práce je zpracovat konstrukční řešení polypového drapáku opírající se o funkční a konstrukční výpočty, přičemž na začátku své práce se krátce zmíním o obecných parametrech všech drapáků, a uvedu konkrétní příklady některých již existujících drapáků v této kategorii. K dispozici bude přiložena také výkresová dokumentace.

1 OBEČNÉ PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

Parametry zařízení závisí vždy na jeho účelu. Dle prostředí, ve kterém bude drapák pracovat vybíráme nejvhodnější materiál pro jeho konstrukci, stejně jako záleží na materiálu, se kterým bude manipulováno, což je důležité pro vhodné uzpůsobení čelistí. V neposlední řadě bereme v úvahu také hmotnost drapáku, dle které vybíráme vhodný nosič. [1][2]

Při návrhu nebo výběru zařízení se zajímáme o tyto parametry dle[5]:

- Objem
- Nosnost
- Tlak hydraulické soustavy
- Hmotnost zařízení

Doplňujícím parametrem jsou pak vnější rozměry zařízení.

Objem

Jedná se o objem, který je schopno zařízení pojmout na jedno zavření čelistí. Výpočet nominálního objemu závisí na tvaru čelistí. Tento parametr je dále výpočtově zpracován.

Nosnost

Maximální hmotnost, kterou je schopno dané zařízení unést, a bezpečně přemístit na požadované místo. Jedná se o klíčový parametr pro výběr jak nosiče, tak i samotného zařízení pro nosič. Tento faktor se liší v závislosti na druhu materiálu i druhu použitých čelistí. Dále je nutno brát ohled na to, v jakém stavu se přepravovaný materiál nachází, odlišnost v hmotnosti je většinou způsobena přítomností kapaliny v materiálu, například: různou hmotnost bude mít suchý a mokrá písek.[1]

Tlak hydraulické soustavy

Tlak je vyvozen hydraulickým agregátem. O tlak hydraulické soustavy se stará rotační hydrogenerátor, který vytvoří tlak kapaliny, který je pak soustavou trubek a hadic přenášen k činnému orgánu, kterým je přímočarý hydromotor. Maximální použitelný provozní tlak je do 360 barů. Ve většině zařízení jsou použity přímočaré hydromotory, které operují s tlakem okolo 250 barů. V mém případě tomu nebude jinak.[5][2]

Hmotnost zařízení

Hmotnost se liší druhem konstrukčního provedení, které je typické pro každou firmu, stejně jako počtem chapadel a jejich konstrukcí, kdy se může jednat o drapák „košovitého tvaru“ nebo jsou jeho chapadla vybavena lopatkami. Přibližný výpočet hmotnosti vychází z 3D modelu vytvořeném v programu Autodesk Inventor Professional 2015.[1]

2 ROZDĚLENÍ POLYPOVÝCH DRAPÁKŮ

Podle počtu chapadel:	3,4,5,6,7,9 chapadlové
Podle nosného objemu:	od 0,06 m ³ do 3 m ³
Podle nosnosti:	od 1000 do 8000 kg
Podle činného mechanismu:	

A. Drapáky klasické

Činnost hydromotorů je zajištěna nosičem, který již obsahuje potřebný hydraulický agregát pro pohon zařízení. Toto řešení umožňuje využít drapák jako výměnné zařízení například pro kolové rypadlo, kdy způsob připojení je stejný, jako je připojení lžíce rypadla.[1][6]

B. Drapáky elektrohydraulické

Jedná se konstrukčně o obdobná zařízení jako v případě drapáků klasických. Drapáky elektrohydraulické jsou obecně větší, což je způsobeno jejich stavbou, kdy hydraulický agregát je umístěn přímo na drapáku. Je však nutno tento agregát propojit kabelem se zdrojem elektrické energie mimo nosič. Zmíněné konstrukční řešení umožňuje umístit zařízení na nosič typu jeřáb, využívané jsou pak pro jeřáby mostového či jeřáby portálového typu.[1][5]

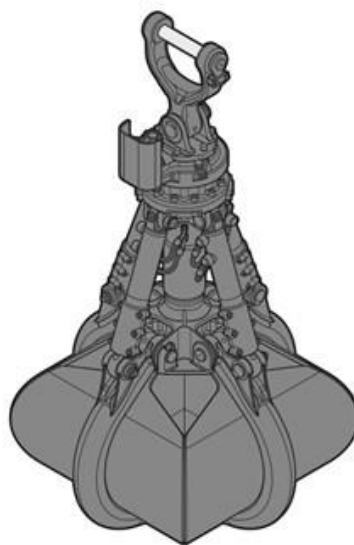
Ostatní:

V tomto případě nalezneme modifikace polypových drapáků a to, drapáky vyosené, prodloužené nebo se specifickým tvarem chapadel. Určené pouze pro speciální účely. Příkladem jsou drapáky pro výkopy studní.[1][3][12][3]

3 VÝROBCI DRAPÁKŮ

Existuje celá škála velkých firem zabývajících se výrobou těžkých stavebních strojů, stejně jako jsou firmy menší, které se zaměřily naopak na samotnou výrobu manipulačních zařízení tohoto typu.

Z těch nejvýznamnějších nadnárodních společností je to firma Liebherr, která kromě stavebních strojů nabízí ve svém portfoliu i drapákové zařízení různorodých provedení. Příkladem takového drapáku je obrázek 1. Polypové drapáky se liší objemem v rozsahu od 0,4 až 3,0 m³ a počtem chapadel (4 - 5). [8][6]



Obr. 1 LIEBHERR GM 64 CLOSED TINES (Objem: 0,4-0,6 m³, Hmotnost: 1,040-1,205 kg) [8]

V případě firem specializujících se pouze na drapáky je třeba zmínit firmy jako Rozzi SpA., Hydraulika Petráš s.r.o., Davon s.r.o., Gusella – Bakker. [10][11][12][9]

Produktem firmy Rozzi SpA nejsou jen drapáky, ale také specifické kleštiny nebo hydraulicky poháněné zemní vrtáky. Drapáky můžeme rozdělit na dvě produktové řady, a to na drapáky klasické a elektro-hydraulické, určené pro těžký provoz. Objem klasických drapáků je v rozsahu od 0,13 do 2 m³, počet chapadel 4 - 6. Firma Rozzi poskytuje i specifický model se třemi chapadly (Obr. 2) o nosnosti 3500 až 8000 kg. [10]



Obr. 2 Rozzi SpA RM 901 (Nosnost: 8000 kg, Hmotnost: 1700kg, Počet čelistí: 3, Provozní tlak 280 bar, Svěrná síla 9140 kg) [10]

Další firmou je Gusella - Bakker. Výrobce také speciálních drapaků včetně bohatého výběru polypových drapaků. Objemy se pohybují od 0,4 do 0,8 m³, počet chapadel od 4 do 6. [11]

Na závěr bych rád zmínil dva nejvýznamnější české zástupce. Jedná se o firmu Hydraulika Petráš s.r.o. a firmu Davon s.r.o.[9][12]

U první jmenované najdeme v portfoliu i speciální drapak na hloubení studní (Obr. 3). Co se týče polypových drapaků, máme možnost si vybrat z několika produktových řad. Objemy se pohybují od 0,17 do 0,35 m³, počet chapadel standardně 4 až 6. [9][12]

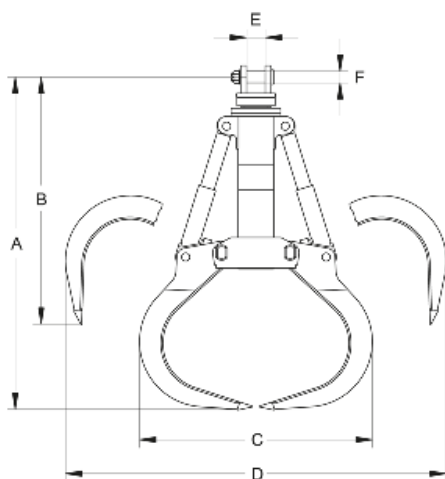


Obr. 3 Hydraulika Petráš s.r.o., Lžicový drapak na hloubení studní, STUDNEX 1000 (Objem: 0,12 m³) [12]

Firma Davon s.r.o. se specializuje hlavně na rozbíjecí zařízení (pneumatické kladivo umístěné na hydraulicky ovládaném ramenu), ale v jejím portfoliu samozřejmě nalezneme i polypové drapáky (Obr. 4). Jejich objem je v rozsahu od 0,4 až po 2 m³, jedná se o drapáky s 5 chapadly, lišící se pouze tím, jsou-li to chapadla lopatkovitého, nebo užšího tvaru. [9]



Obr. 5 Davon s.r.o., Hydraulický polypový drapák, HPD 05-400 [9]



Doporučená hmotnost nosiče	12.0 – 24.0	[t]
Maximální nosnost	4.0	[t]
Maximální měrná hmotnost	3.0	[t/m ³]
Maximální pracovní tlak	320	[bar]

Typ drapáku	Objem [dm ³]	Hmotnost [kg]			Počet čelistí	Rozměry [mm]					
		OTEVŘENÉ	POLO-UZAVŘENÉ	UZAVŘENÉ		A	B	C	D	E	F
HPD 05 - 400	400	972	1020	1095	5	1933	1488	1328	2121	115	70

Obr. 4 Parametry HDP 05-400 [9][9]

4 POROVNÁNÍ KONCEPČNĚ PODOBNÝCH DRAPÁKŮ

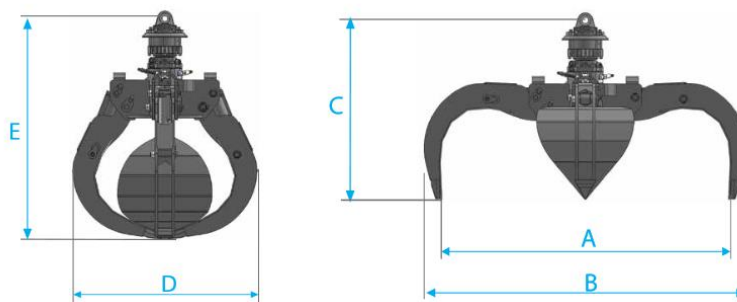
Ze zadání jsou zřejmé parametry, které má nový drapák mít. Předtím je však potřeba zmapovat trh, a nalézt zařízení s obdobnými parametry. Tyto zařízení hledáme, již u dříve zmíněných výrobců, z kapitoly: Výrobci drapáků. Tyto parametry sice splňuje i drapák firmy Davon s.r.o. Avšak svou konstrukcí je odlišný oproti mé koncepci, tudíž není do této kapitoly zahrnut.[9]



První produkt je od firmy Gusella – Bakker,[11]



Obr. 6 Gusella – Bakker, typ : SHY [11]

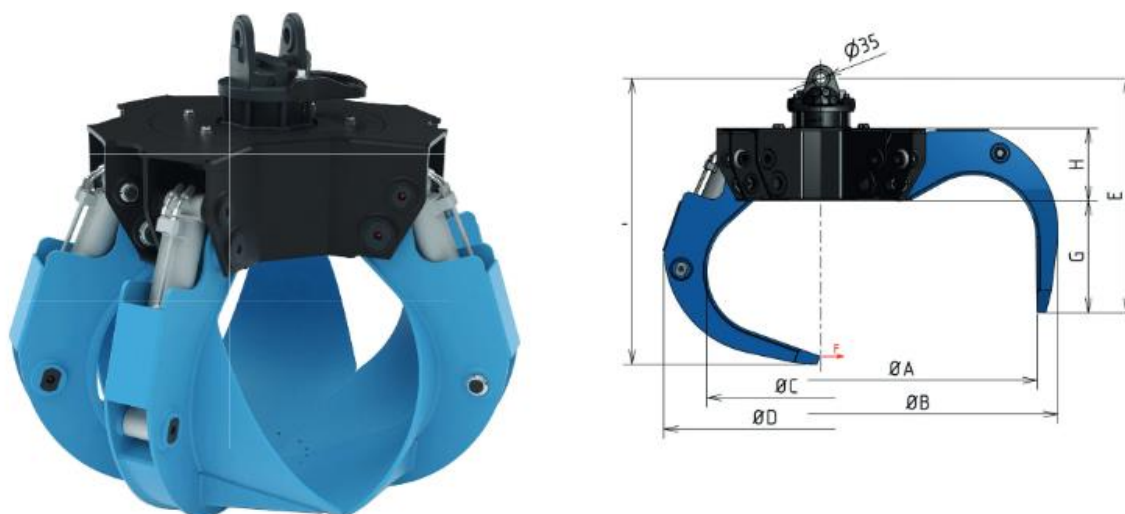
Tab. 1 Parametry produktové řady SHY [11]



Model Modello	Link type Tipo attacco	Capacity Capacità	Weight Peso	Load Portata	Pressure Pressione	Teeth Pale			Dimensions Dimensioni				
		Lt.	Kg.	Ton.	Max Bar	N.	Ton.	Ton.	A	B	C	D	E
SHY 404	PE	400	400	3	320	4	1 - 3.2	8-14	1876	2134	804	1142	1144
SHY 404	K (GV 6)	400	444	3	320	4	1 - 3.2	8-14	1876	2134	1102	1142	1445
SHY 404	K1 (GV 12 S)	400	458	3	320	4	1 - 3.2	8-14	1876	2134	1135	1142	1478

Zvolený koncept drapáku bude asi nejvíce podobný tomuto produktu. Odlišnosti nalezneme právě ve tvaru čelistí. Má koncepce využije plně uzavřených čelistí. Parametry tohoto zařízení splňují v plné míře zadání pro konkrétní typ polypového drapáku.

Druhým produktem je zástupce firmy Hydraulika Petráš, [12]



Obr. 7 Hydraulika Petráš s.r.o., Hydraulický polypový vyosený drapák na hydraulickou ruku HR-P-V [12]

Tab. 2 Parametry HR-P-350/6-T-1-V [12]

Typ drapáku	Rozměry v mm							
	A	B	C	D	E	F	G	H
HR-P-350/6-T-1-V	1 770	1 930	875	1110	850	1130	435	250

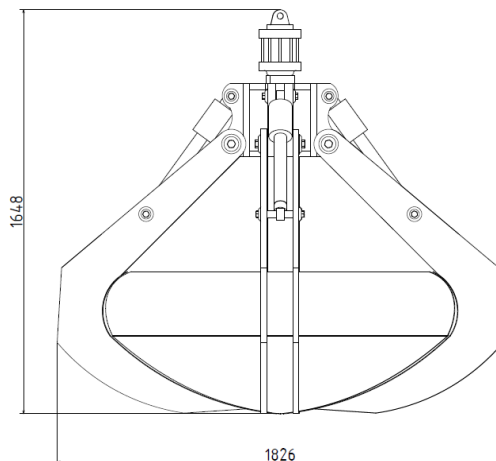
Typ drapáku	Objem (dm ³)	Hmotnost (kg)	Počet čelistí	Nosnost (kg)	Svěrná síla F (200 bar)
HR-P-350/6-T-1-V	350	468	6	3 000	6,3 - 8 kN

Dané zařízení je konstrukčně velmi podobné mému návrhu. Avšak z parametrů jsou patrné odlišnosti. Jedná se o objem, který je o 50 dm³ menší, a pak také vyšší počet chapadel (Počet čelistí - 6).

5 KONSTRUKČNÍ NÁVRHY

První návrh

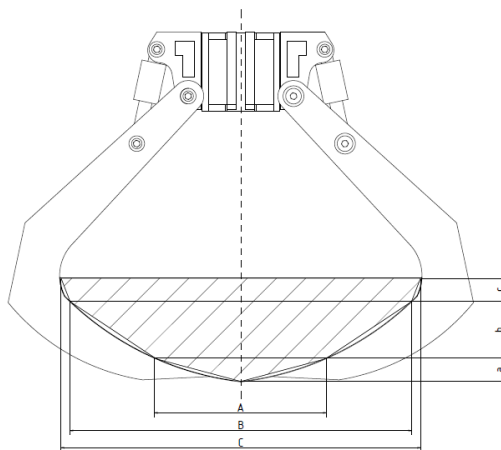
Znázorňuje obrázek 8. Návrh působil vizuálně uspokojivě a splňoval rozměrové parametry. Tohoto návrhu se týkaly i problémy. Objem uzavřený chapadly byl příliš velký, a to dvojnásobný. Pístnice přímočarých hydromotorů byly příliš dlouhé, a hrozilo by jejich ohnutí. Koncept měl však zůstat zachován.



Obr. 8 První návrh

Druhý návrh

Došlo k mírné změně tvaru chapadel. Byl zmenšen vnitřní objem drapáku. Změny se dočkaly i hydromotory. Pístnice byly zkráceny, a celkové uložení na základně se změnilo. Tento koncept se ukázal jako nepřijatelný. Příliš krátký zdvih hydromotorů nedovolil chapadlům jejich dostatečné rozevření pro náběr materiálu.



Obr. 9 Druhý návrh

Finální návrh

Předešlé problémy byly vyřešeny. Pístnice nahrazeny delšími. Základna byla znovu pozměněna pro uchycení hydromotorů. Dalším prvkem se staly čepy, které byly dimenzovány pro finální návrh, a rozhodnuto o jejich kluzném uložení. Finálním prvkem bylo přidání maznic na potřebná místa.

6 KONKRÉTNÍ PARAMETRY POLYPOVÉHO DRAPÁKU

Jde o polypový drapák, klasického typu, se čtyřmi protichůdnými chapadly lopatkového tvaru. Vhodný pro manipulaci především se sypkým materiálem, popřípadě i s kovovým šrotem. Drapák je poháněn hydraulicky. Jedná se o výměnné zařízení například ke kolovému rypadlu.

Technické parametry [5]

a) Nosnost	3000 kg
b) Hmotnost (naprázdno)	956 kg
c) Objem	0,4 m ³
d) Maximální hmotnost	3956 kg
e) Pracovní tlak	250 bar
f) Čas otevírání (naprázdno)	0,19 s
g) Čas zavírání (naprázdno)	0,31 s
h) Rozsah otočení rotátoru	360°

Rozměrové parametry [5]

a) Vnější rozměr (zavřená chapadla)	1800 mm
b) Vnější rozměr (otevřená chapadla)	2472 mm
c) Výška při zavřených chapadlech (s rotátorem)	1651 mm
d) Výška při otevřených chapadlech (s rotátorem)	1563 mm
e) Maximální šířka lopatky	1355 mm

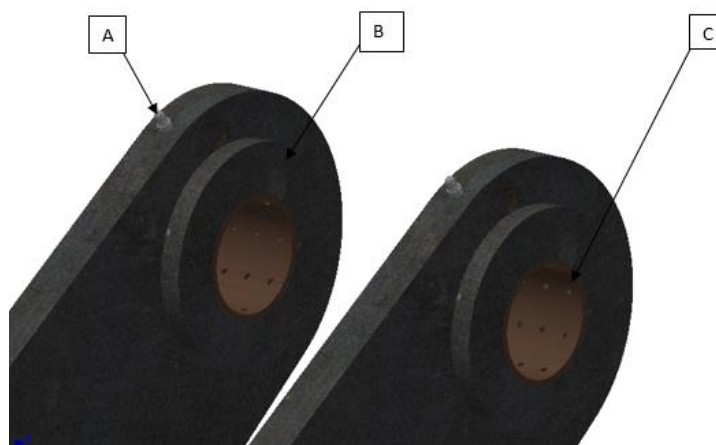


Obr. 10 Model polypového drapáku

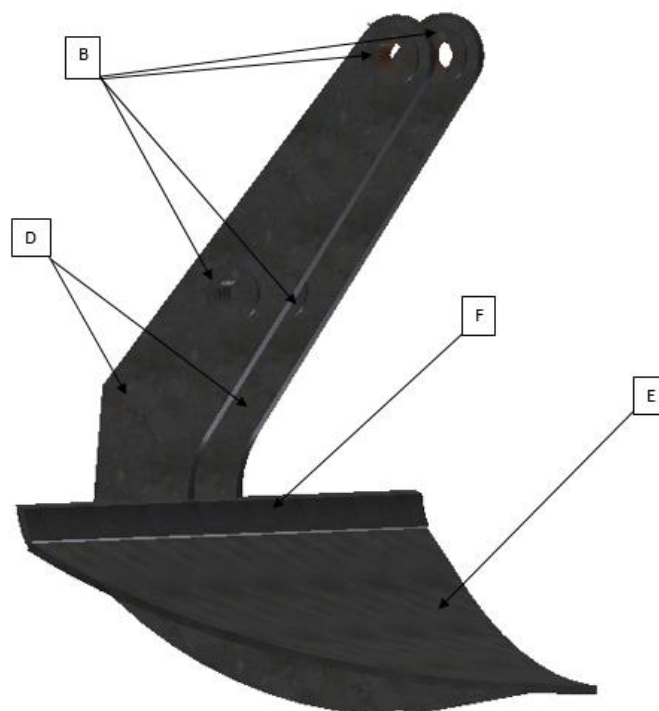
7 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

7.1 CHAPADLO

Pohyblivý prvek konstrukce je svařenec z plechů S235JR. Nosnou konstrukci tvoří dva výpalky plechu tvaru drápu (D) tloušťky 20 mm. Pro snížení tlaku na čepy byla rozšířena styková plocha díry, pomocí navařených kroužků (B). K díram byl kolmo navrtán mazací otvor. Do ústí tohoto otvoru byla nalisována maznice (A). Pak byly díry obrobeny na požadovaný rozměr uložení. Bronzová kluzná pouzdra s otvory (C) byla zalisována do děr. Na vnitřní straně obou drápů, u zúžení, je navařen ohnutý plech (E) „lopata“ tloušťky 15 mm. Na lopatu navazuje pruh plechu, rozšíření lopaty (F).[5][6]



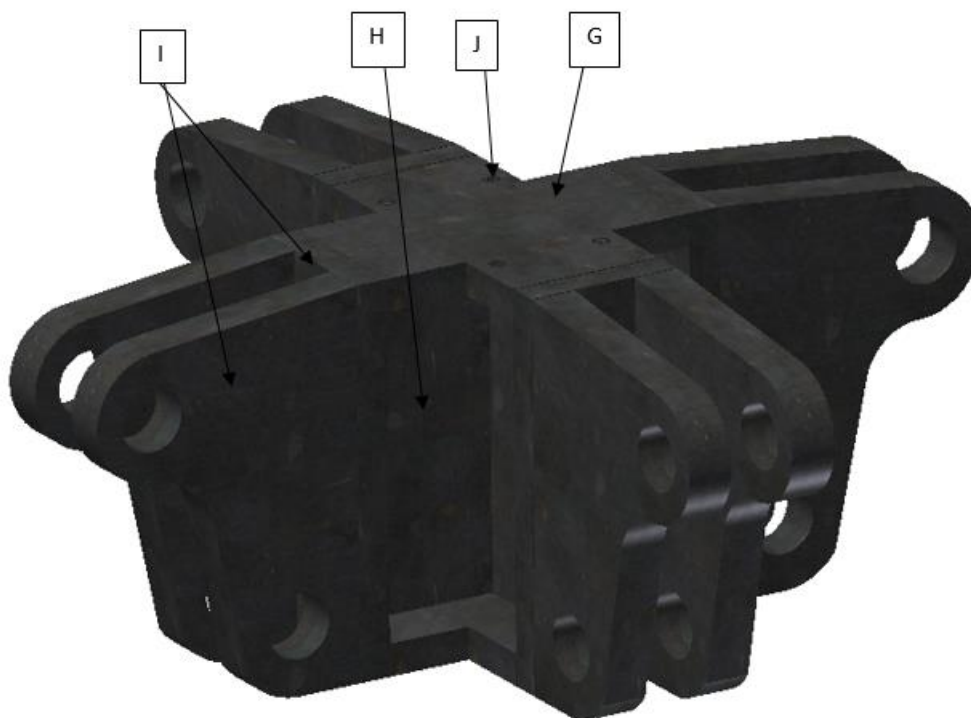
Obr. 11 Detail uchycení; A- maznice, B- rozšiřující kroužek, C- kluzné pouzdro



Obr. 12 Chapadlo; B- rozšiřující kroužky, D- drápy, E- lopata, F- rozšíření lopaty

7.2 ZÁKLADNA

Nosný konstrukční celek. Svařenec ze stejného materiálu jako chapadla. Má podstavu tvaru kříže (G). Mezi podstavami jsou přivařeny výztuhy (H). Na každém rameni je přivařena deska s bočnicemi (I), pro uchycení chapadel a přímočarých hydromotorů. Z horní strany byly vytvořeny 4 otvory (J) pro šrouby uchycení rotátoru. Pro tuto sestavu byl využit plech tloušťky 35 mm, 25 mm a 20 mm.[5][6]



Obr. 13 Základna; G- podstava, H- výztuha, I- deska s bočnicemi, J- přípojný otvory

7.3 ČEPY

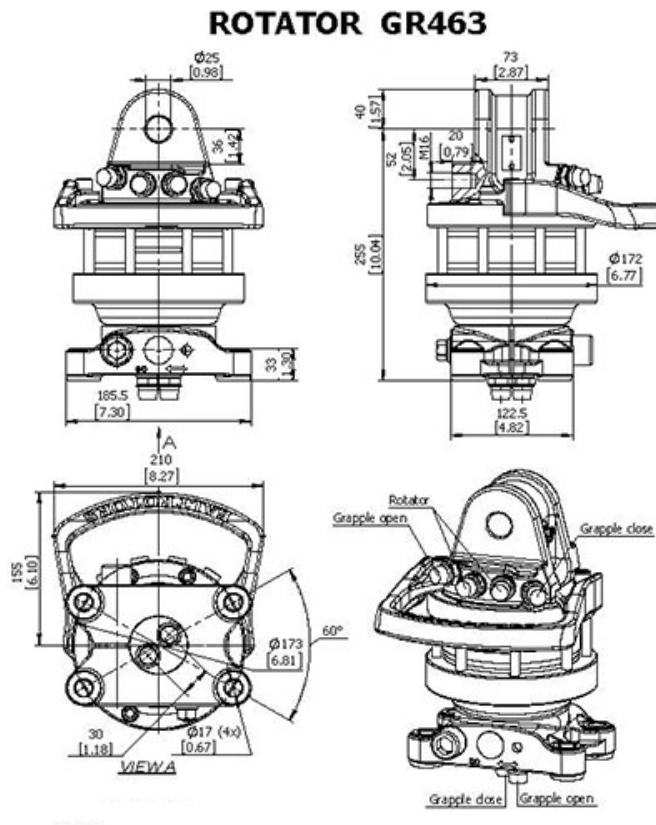
Čepy nebyly kupovány, ale na míru vyráběny. Pro jejich výrobu byl zvolen materiál 37Cr4 pro čepy nesoucí hydromotor. Pro čepy, které drží chapadla na základně byl zvolen materiál C55E. Uložení čepů je doporučeno s vůlí, a to H11/h11. Čepy byly proti vypadnutí zajištěny normalizovanými pojistnými kroužky. Čepy uložení hydromotoru na chapadle, a čepy uložení hydromotoru na základně jsou navíc vybaveny distančními kroužky, udržujícími hydromotor ve středu.[5][6]

8 ROTÁTOR

Součástí, kterou nebudeme pro tento projekt vyrábět, ale přímo zakoupíme hotovou. V našem případě sázíme na lotyšskou firmu Baltrotors Ltd. Rotátor je součástí, která umožňuje natáčení celého drapáku okolo svislé osy, zároveň se však jedná i o jakousi „křížovátku“ hydrauliky. Právě na rotátor se napojují i jednotlivé přímočaré hydromotory. Natáčení pomocí rotátoru se může hodit při nabírání větších částí kovového odpadního materiálu. V případě, že bychom potřebovali celým drapákem natočit, pro vhodné uchopení. Rotátor je poháněn plně hydraulicky. [13]

Parametry rotátoru GR 463 dle [13]:

Rotace	neomezená (360°)
Maximální statická únosnost	45 kN
Maximální dynamická únosnost	25 kN
Točivý moment při tlaku 25 MPa	1100 Nm
Průtok oleje	20 l/min
Hmotnost	28 kg
Maximální tlak v jednotlivých částech	
Rotátor	25 MPa
Přímočarý hydromotor (zavírání)	30 MPa
Přímočarý hydromotor (otevírání)	20 MPa
Připojení všech součástí přes koncovku G 3/8	



Obr. 14 Baltrotors Ltd., Rotátor GR 463 [13]

9 PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR

„Přímočarý hydromotor ZH2 je prvek, který přeměňuje tlakovou energii na energii mechanickou – axiální sílu pístní tyče v obou směrech. Svou konstrukcí nevyžadují zvláštní požadavky na obsluhu a údržbu. Pro bezvadnou a bezpečnou funkci je nutno řídit se provozními a technickými podmínkami.“[14]

Při volbě hydromotoru o daných parametrech spoléháme na firmu Hydraulics s.r.o. Její portfolio výrobků je dosti široké, a není problém si vybrat vhodný produkt. Pro náš účel byl volen hydromotor z produktové řady ZH2 těmito parametry. [14]

Parametry přímočarého hydromotoru dle[14]:

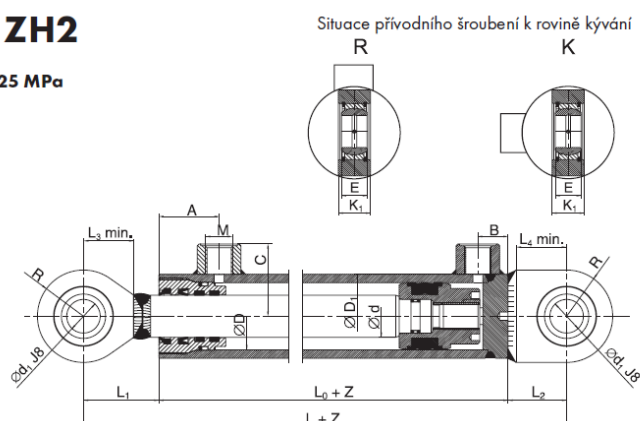
Pracovní kapalina	hydraulický minerální olej (OH-HM 32, OH-HM 46, OH-HM 64)
Požadovaná filtrace	min. 40 μm , doporučujeme 25 μm
Teplotní rozsah	kapaliny $-20^{\circ}\text{C} \div +80^{\circ}\text{C}$, okolí $-20^{\circ}\text{C} \div +70^{\circ}\text{C}$
Klimatická odolnost	mírné klima WT
Jmenovitý tlak	20 MPa
Maximální tlak	25 MPa
Zkušební tlak	32 MPa
Pracovní rychlost	maximální 0,5 m/s
Hodnota odolnosti pístní tyče v solné komoře dle ISO 4540	120hodin



Obr. 15 Model přímočarého hydromotoru

Série ZH2

pro $P_{\text{max}} 25 \text{ MPa}$



$\varnothing D$	$\varnothing d$	$\varnothing D_1$	$\varnothing d_1$	L	L_0	L_1	L_2	$L_3 \pm 1$	$L_4 \pm 1$	M	A	B	C	E	K_1	R	Maximální doporučené zdvihy dle zvol. $\varnothing d$	Hmotnost při zdvihu Z (kg)
80	50	95	35	290	155	80	55	53	48	22x1,5	59	33	65,5	25	30	47,5	660	11,80 + Z x 0,03160

Obr. 16 Hydraulics s.r.o., Parametry daného přímočarého hydromotoru [14]

10 FUNKČNÍ VÝPOČTY HYDROMOTORU

Při vysouvání pístnice hydromotoru, dochází k zavírání chapadel drapáku. Při opačném pohybu pístnice se drapák otevírá.

Plocha pístu při vysouvání

$$S_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (1)$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot 80^2}{4}$$

$$S_p = 5024 \text{ mm}^2 = 0,005024 \text{ m}^2$$

Kde:

S_p	[mm ²]	Plocha pístu přímočarého hydromotoru
D	[mm]	Průměr pístu přímočarého hydromotoru

Plocha pístu při zasouvání

$$S_{p1} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \quad (2)$$

$$S_{p1} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 50^2)}{4}$$

$$S_{p1} = 3061,5 \text{ mm}^2 = 0,003062 \text{ m}^2$$

Kde:

S_{p1}	[mm ²]	Plocha pístu přímočarého hydromotoru (mezikruží)
d	[mm]	Průměr pístnice přímočarého hydromotoru

10.1 VYSOUVACÍ SÍLA PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Maximální síla

$$F_{max} = p_{max} \cdot S_p \quad (3)$$

$$F_{max} = 25 \cdot 5024$$

$$F_{max} = 125\,600\,N$$

Kde:

F_{max}	[N]	Maximální síla vysouvací hydromotoru
p_{max}	[MPa]	Maximální tlak soustavy hydromotoru

Jmenovitá síla

$$F_j = p_j \cdot S_p \quad (4)$$

$$F_j = 20 \cdot 5024$$

$$F_j = 100\,480\,N$$

Kde:

F_j	[N]	Jmenovitá vysouvací síla hydromotoru
p_j	[MPa]	Jmenovitý tlak soustavy hydromotoru

10.2 ZASOUVACÍ SÍLA PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Maximální síla

$$F_{max} = p_{max} \cdot S_{p1} \quad (5)$$

$$F_{max} = 25 \cdot 3061,5$$

$$F_{max} = 76\,537,5\,N$$

Kde:

F_{max}	[N]	Maximální síla vysouvací hydromotoru
p_{max}	[MPa]	Maximální tlak soustavy hydromotoru

10.3 HMOTNOST HYDROMOTORU

$$m_h = m_{h1} + Z_{PHM} \cdot m_{h2} \quad (6)$$

$$m_h = 11,80 + 200 \cdot 0,03160$$

$$m_h = 18,12 \text{ kg}$$

Kde:

Z_{PHM}	[mm]	Zdvih přímočarého hydromotoru
m_h	[kg]	Hmotnost přímočarého hydromotoru
m_{h1}	[kg]	Konstanta hmotnosti hydromotoru
m_{h2}	[kg·mm ⁻¹]	Konstanta hmotnosti hydromotoru při zdvihu Z
[14]		

10.4 DÉLKA HYDROMOTORU

Při zasunuté pístnici

$$L_{min} = L_0 + L_1 + L_2 \quad (7)$$

$$L_{min} = 240 + 138 + 70$$

$$L_{min} = 448 \text{ mm}$$

Kde:

L_{min}	[mm]	Rozteč ok při zasunuté pístnici
L_0	[mm]	Konstrukční délka hydromotoru
L_1	[mm]	Vzdálenost středu oka na pístnici od tubusu hydromotoru
L_2	[mm]	Vzdálenost středu oka přivařeného na tubusu od tubusu

Při vysunuté pístnici

$$L_{max} = L_{min} + Z_{PHM} \quad (8)$$

$$L_{max} = 448 + 200$$

$$L_{max} = 648 \text{ mm}$$

Kde:

L_{max}	[mm]	Rozteč ok při vysunuté pístnici
-----------	------	---------------------------------

10.5 RYCHLOST VYSOUVÁNÍ A ZASOUVÁNÍ PÍSTNICE

Vychází z rovnice kontinuity

$$Q_1 = Q_2 \quad (9)$$

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

Rychlost vysouvání pístnice

$$Q_r = S_p \cdot v_v \quad (10)$$

$$v_v = \frac{Q_r}{S_p}$$

$$v_v = \frac{0,00325}{0,005024}$$

$$v_v = 0,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde:

v_v	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	Rychlost vysouvání pístnice
Q_r	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	Maximální průtok zajištěný hydrogenerátorem nosiče

Rychlost zasouvání pístnice

$$Q_r = S_{p1} \cdot v_z \quad (11)$$

$$v_z = \frac{Q_r}{S_{p1}}$$

$$v_z = \frac{0,00325}{0,003062}$$

$$v_z = 1,06 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde:

v_z	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	Rychlost zasouvání pístnice
-------	----------------------------------	-----------------------------

10.6 DOBA ZAVÍRÁNÍ A OTEVÍRÁNÍ DRAPÁKU

Doba zavírání drapáku

$$t_z = \frac{Z_{PHM}}{v_v} \quad (12)$$

$$t_z = \frac{0,2}{0,65}$$

$$t_z = 0,31 \text{ s}$$

Kde:

t_z [s] Minimální čas vysouvání pístnice

Doba otevírání drapáku

$$t_o = \frac{Z_{PHM}}{v_z} \quad (13)$$

$$t_o = \frac{0,2}{1,06}$$

$$t_o = 0,19 \text{ s}$$

Kde:

t_o [s] Minimální čas zasouvání pístnice

Celková hmotnost drapáku

$$m_c = m_k + 4 * m_h + m_r \quad (14)$$

$$m_c = 855,52 + 4 * 18,12 + 28$$

$$m_c = 956 \text{ kg}$$

Kde:

m_c	[kg]	Celková hmotnost zařízení
m_k	[kg]	Hmotnost konstrukce
m_h	[kg]	Hmotnost přímočarého hydromotoru
m_r	[kg]	Hmotnost rotátoru

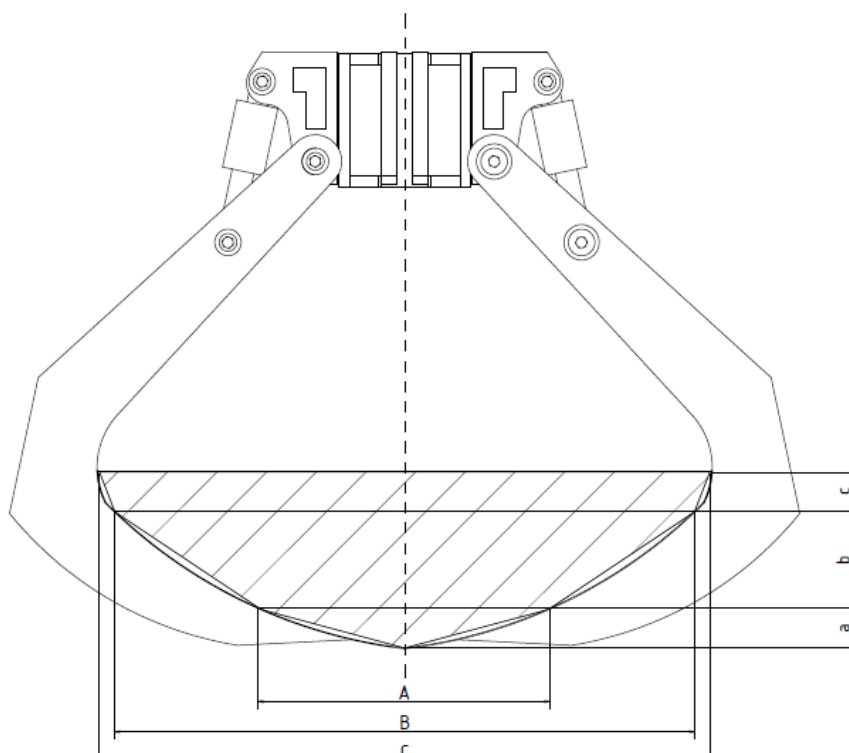
11 PRACOVNÍ OBJEM DRAPÁKU

Tento parametr prošel postupným vývojem při návrhu mého zařízení. Jako první byl zvolen určitý geometrický tvar o potřebném objemu, který má drapák obsáhnout. Jednalo se o polokouli, objem tohoto tělesa byl 400 dm^3 . Na základě tohoto útvaru byl navrhnut přibližný model drapáku. Tento model však nespĺňoval představy o tom, jak má zařízení vypadat. Postupnou změnou chapadel docházelo i ke změně objemu virtuálního tělesa uzavřeného chapadly.

Po úpravě chapadel do konečné podoby, bylo nutno dopočítat objem zpětně, a případně upravit tvar lopatek, tak, aby uzavíraný prostor odpovídal zadání. K tomuto účelu bylo vytvořeno nové virtuální těleso přibližující se tvarem, co nejvíce vnitřním stěnám chapadel.

Vnitřní prostor je specifický tím, že je vytvořený uzavřením čtyř chapadel. Nehodilo se zde počítat vnitřní objem jakožto plochu, která vznikne rotací zarovnaného průřezu materiálu, okolo svislé osy procházející těžištěm. [6]

Pro výpočet bylo zvoleno nové virtuální těleso. To je znázorněné na obrázku 17. Jedná se o jakýsi stupňovitý jehlan. Objem tohoto útvaru byl vypočten jednak samostatně, a pak také zkontrolován v samotném programu Autodesk Inventor Professional 2015. [6]



Obr. 17 Schéma pro výpočet objemu drapáku

11.1 VÝPOČET OBJEMU

Obsahy podstav

$$S_A = A^2 = 0,650^2 = 0,423 \text{ m}^2$$

$$S_B = B^2 = 1,310^2 = 1,716 \text{ m}^2$$

$$S_C = C^2 = 1,380^2 = 1,904 \text{ m}^2$$

Délkové rozměry dle obrázku 17

$$A - 0,650 \text{ m} \quad a - 0,087 \text{ m}$$

$$B - 1,310 \text{ m} \quad b - 0,22 \text{ m}$$

$$C - 1,380 \text{ m} \quad c - 0,09 \text{ m}$$

Objemy jednotlivých částí

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot S_A \cdot a \quad (15)$$

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot 0,423 \cdot 0,087$$

$$V_1 = 0,012 \text{ m}^3 \quad [7]$$

$$V_2 = \frac{b}{2} \cdot (S_A + \sqrt{S_A \cdot S_B} + S_B) \quad (16)$$

$$V_2 = \frac{0,22}{2} \cdot (0,423 + \sqrt{0,423 \cdot 1,716} + 1,716)$$

$$V_2 = 0,219 \text{ m}^3 \quad [7]$$

$$V_3 = \frac{c}{2} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_C} + S_C) \quad (17)$$

$$V_3 = \frac{0,09}{2} \cdot (1,716 + \sqrt{1,716 \cdot 1,904} + 1,904)$$

$$V_3 = 0,163 \text{ m}^3 \quad [7]$$

11.2 CELKOVÝ OBJEM DRAPÁKU

$$V_c = V_1 + V_2 + V_3 \quad (18)$$

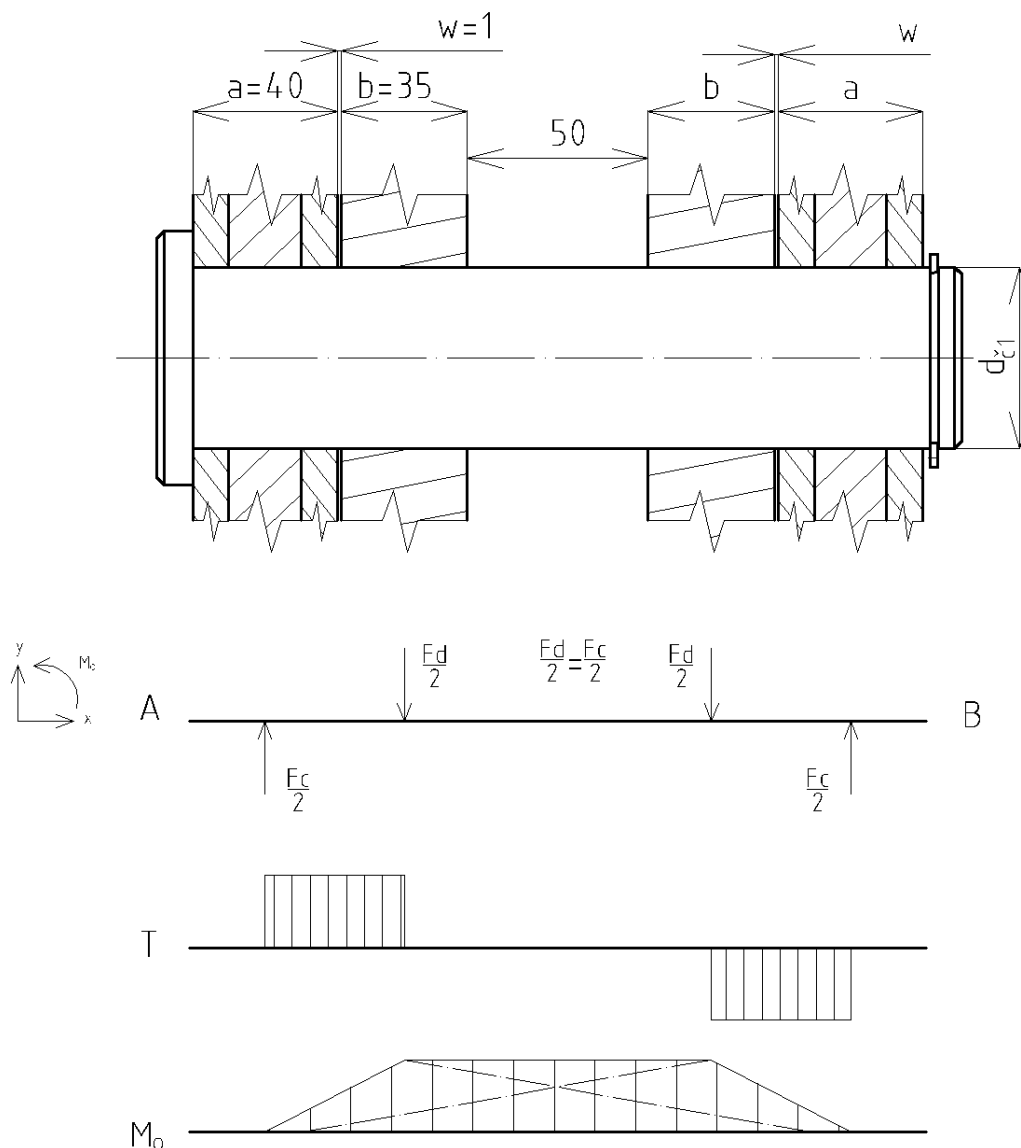
$$V_c = 0,012 + 0,219 + 0,163$$

$$V_c = 0,394 \text{ m}^3$$

Vypočtený objem je menší než zadaný, je to z důvodu, že objemové těleso pouze přibližně vystihuje zaplněnost vnitřního prostoru drapáku. Úplná naplněnost vznikne, když materiál vnikne i do pomyslných děr u výpočtového modelu. Předpokládané množství je pak $0,006 \text{ m}^3$. [6]

12 NÁVRH ČEPOVÉHO ULOŽENÍ CHAPADLA NA ZÁKLADNĚ

Výpočet se opírá o obrázek 18, znázorňující silové zatížení na čep. Byla provedena kontrola na otláčení a stříh.



Obr. 18 Schéma čepového uložení chapadla na základně, a znázornění výsledných vnitřních účinků zatížení [6]

12.1 VÝPOČTOVÉ PARAMETRY

Síla od hydromotoru

$$F_{\max} = 125\,600 \text{ N}$$

Mez kluzu v tahu

$$Re = 410 \text{ MPa}$$

materiál: C55E

Dovolený tlak na stykových plochách

$$p_{\text{dov}} = 75 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti

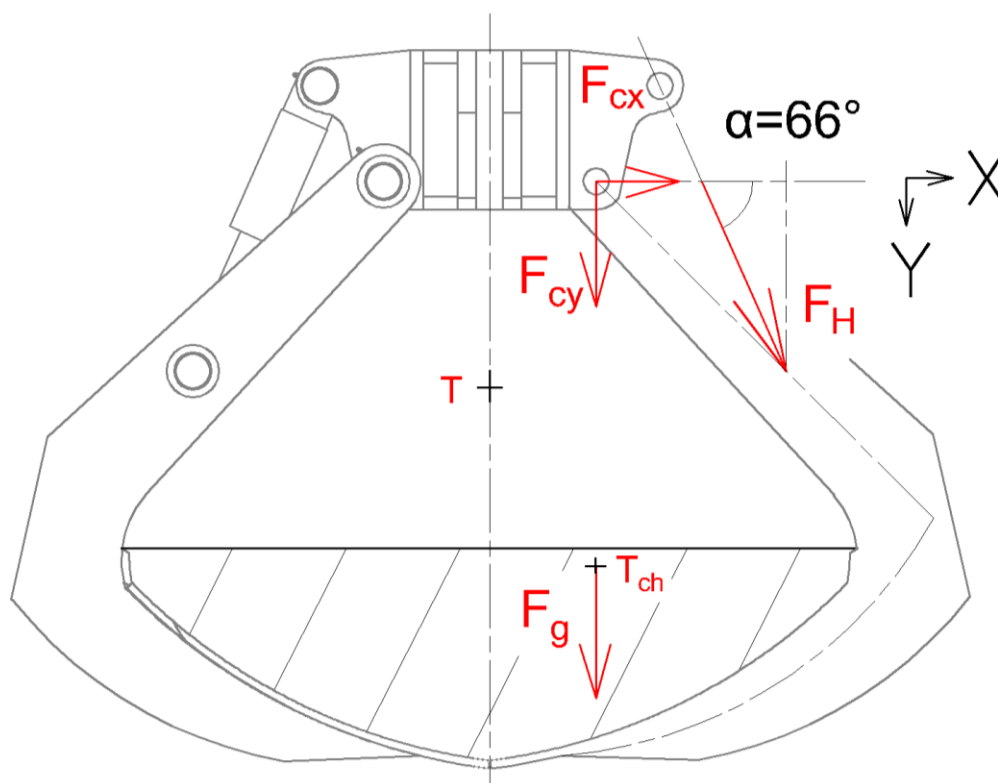
$$k = 1,5$$

Součinitel míjivého zatížení tah/tlak

$$c = 0.9 [6]$$

12.2 ZJIŠTĚNÍ SÍLY VE VAZBÁCH

Schématický obrázek 19 drapáku znázorňuje působení sil hydromotoru, a síly od zátěže.



Obr. 19 Schéma pro výpočet silového zatížení čepu [6]

T Těžiště drapáku

T_{ch} Působíště síly F_g (těžiště chapadla a čtvrtiny nabraného materiálu)

Působící síly v osách X,Y

$$X: F_{cx} - F_{H1} - F_g = 0 \quad (19)$$

$$Y: F_{cy} - F_{H2} = 0 \quad (20)$$

Tíhová síla

$$F_g = (m_{ch} + m_m) \cdot g \quad (21)$$

$$F_g = (160 + 750) \cdot 9,81$$

$$F_g = 8927 \text{ N}$$

Kde:

F _g	[N]	Tíhová síla působící na chapadlo
m _{ch}	[kg]	Hmotnost chapadla
m _m	[kg]	Hmotnost nabíraného materiálu

Síla od hydromotoru v ose X (F_{H1})

$$F_{H1} = F_{max} \cdot \cos \alpha \quad (22)$$

$$F_{H1} = 125\,600 \cdot \cos 66^\circ$$

$$F_{H1} = 51\,086\,N$$

Síla od hydromotoru v ose Y (F_{H2})

$$F_{H2} = F_{max} \cdot \sin \alpha \quad (23)$$

$$F_{H2} = 125\,600 \cdot \sin 66^\circ$$

$$F_{H2} = 114\,741\,N$$

12.3 SÍLY VE VAZBĚ C**Síly v ose X**

$$F_{cx} = F_{H2} = 114\,741\,N \quad (24)$$

$$F_{cx} \quad [N] \quad \text{Síla v ose X}$$

Síly v ose Y

$$F_{cy} = F_{H1} + F_g \quad (25)$$

$$F_{cy} = 51\,086 + 8\,927$$

$$F_{cy} = 60\,013\,N$$

$$F_{cy} \quad [N] \quad \text{Síla v ose Y}$$

Celková síla ve vazbě C

$$F_c = \sqrt{(F_{cx}^2 + F_{cy}^2)} \quad (26)$$

$$F_c = \sqrt{114\,741^2 + 60\,013^2}$$

$$F_c = 129\,488\,N$$

$$F_c \quad [N] \quad \text{Celková síla ve vazbě C}$$

12.4 MAXIMÁLNÍ OHYBOVÝ MOMENT V ČEPU

$$M_{omax} = \frac{F_c}{2} \cdot \left(\frac{a}{2} + w + \frac{b}{2} \right) \quad (27)$$

$$M_{omax} = \frac{129\,488}{2} \cdot \left(\frac{40}{2} + 1 + \frac{35}{2} \right)$$

$$M_{omax} = 2\,492\,644 \, N \cdot mm = 2493 \, N \cdot m$$

M_{omax} [N·m] Maximální ohybový moment

12.5 VÝPOČET DOVOLENÉHO OHYBOVÉHO NAPĚTÍ

$$\sigma_{dov} = \frac{Re}{k} \cdot c \quad (28)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{410}{1,5} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{dov} = 246 \, MPa$$

σ_{dov} [MPa] Dovolenoého ohybového napětí

12.6 VÝPOČET POTŘEBNÉHO PRŮMĚRU ČEPU

$$\sigma_{omax} = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{M_{omax}}{\frac{\pi \cdot d_{\xi}^3}{32}} \leq \sigma_{dov} \quad (29)$$

$$\frac{M_{omax}}{\frac{\pi \cdot d_{\xi}^3}{32}} = \sigma_{dov} \quad (30)$$

$$d_{\xi} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{omax}}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} \quad (31)$$

$$d_{\xi} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2\,492\,644}{\pi \cdot 246}}$$

$$d_{\xi 1} = 46,9 \, mm$$

$$d_{\xi 1} = 50 \, mm$$

Kde:

W_o [mm⁴] Kvadratický moment průřezu v ohybu

$d_{\xi 1}$ [mm] Průměr čepu (základna- chapadlo)

12.7 KONTROLA NA OTLAČENÍ

$$p_1 = \frac{F_c}{2 \cdot d_{\check{c}1} \cdot a} \quad (32)$$

$$p_1 = \frac{129\,488}{2 \cdot 50 \cdot 40}$$

$$p_1 = 32,37 \text{ MPa}$$

$$p_1 < p_{dov}$$

$$32 < 85 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Kde:

p_1 [MPa] tlak ve stykové ploše a

$$p_2 = \frac{F_c}{2 \cdot d_{\check{c}1} \cdot b} \quad (33)$$

$$p_2 = \frac{129\,488}{2 \cdot 50 \cdot 35}$$

$$p_2 = 36,99 \text{ MPa}$$

$$p_2 < p_{dov}$$

$$37 < 85 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Kde:

p_2 [MPa] tlak ve stykové ploše b

12.8 KONTROLA NA STŘIH

$$\tau_1 = \frac{F_c}{2 * \left(\frac{\pi * d_{\check{c}1}^2}{4} \right)} \quad (34)$$

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot F_c}{\pi \cdot d_{\check{c}1}^2}$$

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot 129\,488}{\pi \cdot 2500}$$

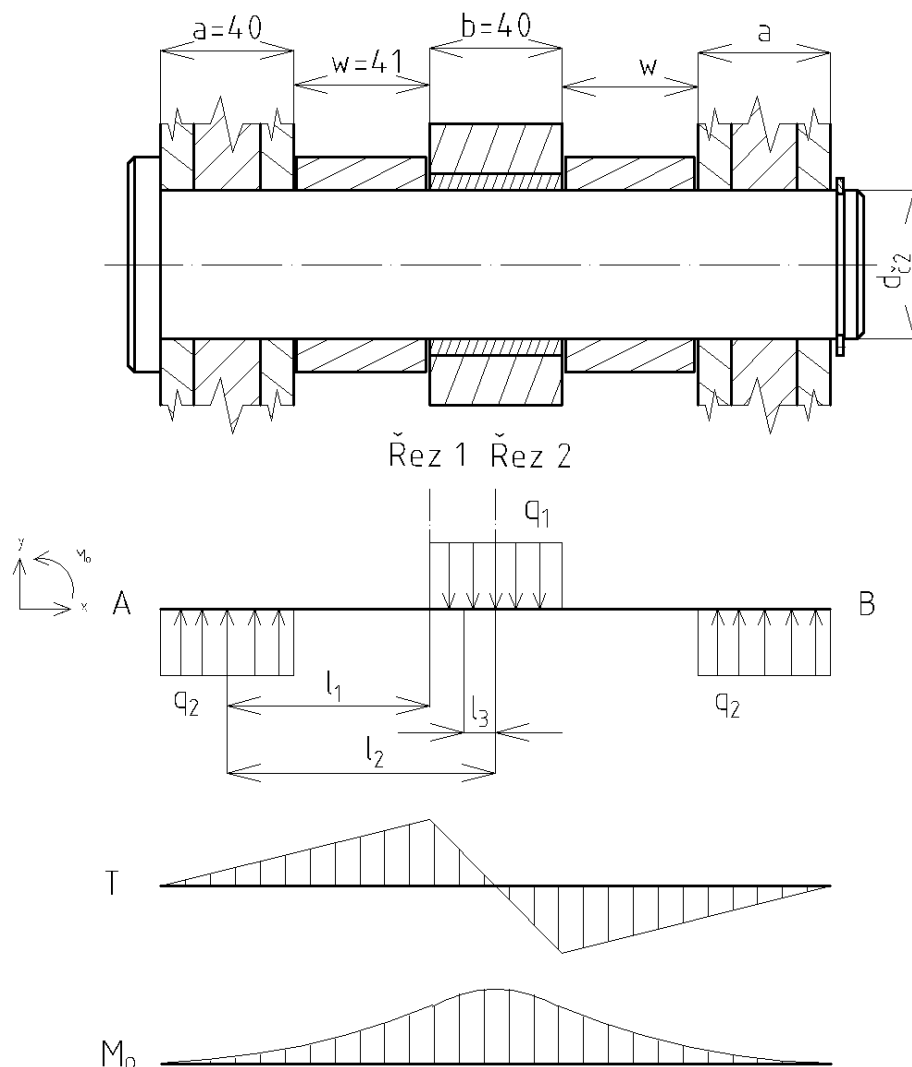
$$\tau_1 = 32,99 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 < \tau_{dov}$$

$$33 < 40 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

13 NÁVRH ČEPOVÉHO ULOŽENÍ HYDROMOTORU V CHAPADLE

Při výpočtu tohoto uložení je vycházeno z obrázku 20.



Obr. 20 Schéma čepového uložení hydromotoru v chapadle, a znázornění výsledných vnitřních účinků [6]

13.1 VÝPOČTOVÉ PARAMETRY

Síla od hydromotoru

$$F_{\max} = 125\,600 \text{ N}$$

Mez kluzu v tahu

$$Re = 510 \text{ MPa}$$

materiál: 37Cr4

Dovolený tlak na stykových plochách

$$p_{\text{dov}} = 85 \text{ MPa}$$

Součinitel mřížového zatížení tah/tlak

$$c = 0.9$$

Součinitel bezpečnosti

$$k = 1.2 \text{ [6]}$$

13.2 VÝPOČET SILOVÉHO ZATÍŽENÍ

Spojité zatížení

Pro zpřesnění byla síla od hydromotoru převedena na spojitě zatížení podél čepu, to samé se dále provedlo i pro sílu reakce v uložení mezi čepem chapadlem.

$$q_1 = \frac{F_{max}}{b} \quad (35)$$

$$q_1 = \frac{125\,600}{40}$$

$$q_1 = 3140 \, \text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

$$q_1 \quad [\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}] \quad \text{Spojité zatížení na ploše } b$$

Při výpočtu zatížení ve vazbách vycházíme ze statické rovnováhy. Přesněji z momentové rovnováhy k bodu A.

$$M_A: q_2 \cdot a \cdot \frac{a}{2} - q_1 \cdot b \cdot \left(a + w + \frac{b}{2}\right) + q_2 \cdot a \cdot \left(a + 2 \cdot w + b + \frac{a}{2}\right) = 0 \quad (36)$$

$$q_2 = \frac{q_1 \cdot b \cdot \left(a + w + \frac{b}{2}\right)}{\left(a \cdot \frac{a}{2}\right) + \left(a \cdot \left(a + 2 \cdot w + b + \frac{a}{2}\right)\right)}$$

$$q_2 = \frac{3140 \cdot 40 \cdot \left(40 + 41 + \frac{40}{2}\right)}{\left(40 \cdot \frac{40}{2}\right) + \left(40 \cdot \left(40 + 2 \cdot 41 + 40 + \frac{40}{2}\right)\right)}$$

$$q_2 = 1570 \, \text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

$$q_2 \quad [\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}] \quad \text{Spojité zatížení na ploše } a$$

13.3 VÝPOČET MAXIMÁLNÍHO OHYBOVÉHO MOMENTU**Řez 1**

$$l_1 = \frac{a}{2} + w \quad (37)$$

$$l_1 = \frac{40}{2} + 41$$

$$l_1 = 61 \text{ mm}$$

l_1 [mm] Rameno silového zatížení q_2 řezu 1

$$M_{o1} = q_2 \cdot a \cdot l_1 \quad (38)$$

$$M_{o1} = 1570 \cdot 40 \cdot 61$$

$$M_{o1} = 3\,830\,800 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3\,830 \text{ N} \cdot \text{m}$$

M_{o1} [N·mm] Ohybový moment 1

Řez 2

$$l_2 = \frac{a}{2} + w + \frac{b}{2} \quad (39)$$

$$l_2 = \frac{40}{2} + 41 + \frac{40}{2}$$

$$l_2 = 81 \text{ mm}$$

l_2 [mm] Rameno silového zatížení q_2 řezu 2

$$l_3 = \frac{b}{4} \quad (40)$$

$$l_3 = \frac{40}{4}$$

$$l_3 = 10 \text{ mm}$$

l_3 [mm] Rameno silového zatížení q_1 v řezu 2

$$M_{o2} = q_2 \cdot a \cdot l_2 - q_1 \cdot \frac{b}{2} \cdot l_3 \quad (41)$$

$$M_{o2} = 1570 \cdot 40 \cdot 81 - 3140 \cdot \frac{40}{2} \cdot 10$$

$$M_{o2} = 4\,458\,800 \text{ N} \cdot \text{mm} = 4\,459 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{o2} \quad [\text{N} \cdot \text{mm}] \quad \text{Ohybový moment 2}$$

13.4 VÝPOČET DOVOLENÉHO OHYBOVÉHO NAPĚTÍ

$$\sigma_{dov} = \frac{Re}{k} \cdot c \quad (42)$$

$$\sigma_{dov} = \frac{510}{1,2} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{dov} = 383 \text{ MPa}$$

13.5 VÝPOČET POTŘEBNÉHO PŮMĚRU ČEPU

$$\sigma_{omax} = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{M_{omax}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} \leq \sigma_{dov}$$

$$\frac{M_{omax}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} = \sigma_{dov}$$

$$d_{\check{c}2} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{omax}}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} \quad (43)$$

$$d_{\check{c}2} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 4\,458\,800}{\pi \cdot 383}}$$

$$d_{\check{c}2} = 49,14 \text{ mm}$$

$$d_{\check{c}2} = 50 \text{ mm}$$

$$d_{\check{c}2} \quad [\text{mm}] \quad \text{Průměr čepu (hydromotor- chapadlo)}$$

13.6 KONTROLA NA OTLAČENÍ

$$p_{11} = \frac{q_1 \cdot b}{d_{\check{c}} \cdot b} = \frac{q_1}{d_{\check{c}}} \quad (44)$$

$$p_{11} = \frac{3140}{50}$$

$$p_{11} = 62,8 \text{ MPa}$$

$$p_{11} < p_{dov}$$

$$62,8 < 85 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

p_{11} [MPa] Tlak ve stykové ploše b

$$p_{22} = \frac{q_2 \cdot a}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot a} = \frac{q_2}{2 \cdot d_{\check{c}}} \quad (45)$$

$$p_{22} = \frac{1570}{2 \cdot 50}$$

$$p_{22} = 15,70 \text{ MPa}$$

$$p_{22} < p_{dov}$$

$$16 < 85 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

p_{22} [MPa] Tlak ve stykové ploše a

13.7 KONTROLA NA STŘIH

$$\tau_1 = \frac{F_{max}}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_{\check{c}1}^2}{4} \right)} \quad (46)$$

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot F_{max}}{\pi \cdot d_{\check{c}1}^2}$$

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot 125\,600}{\pi \cdot 2500}$$

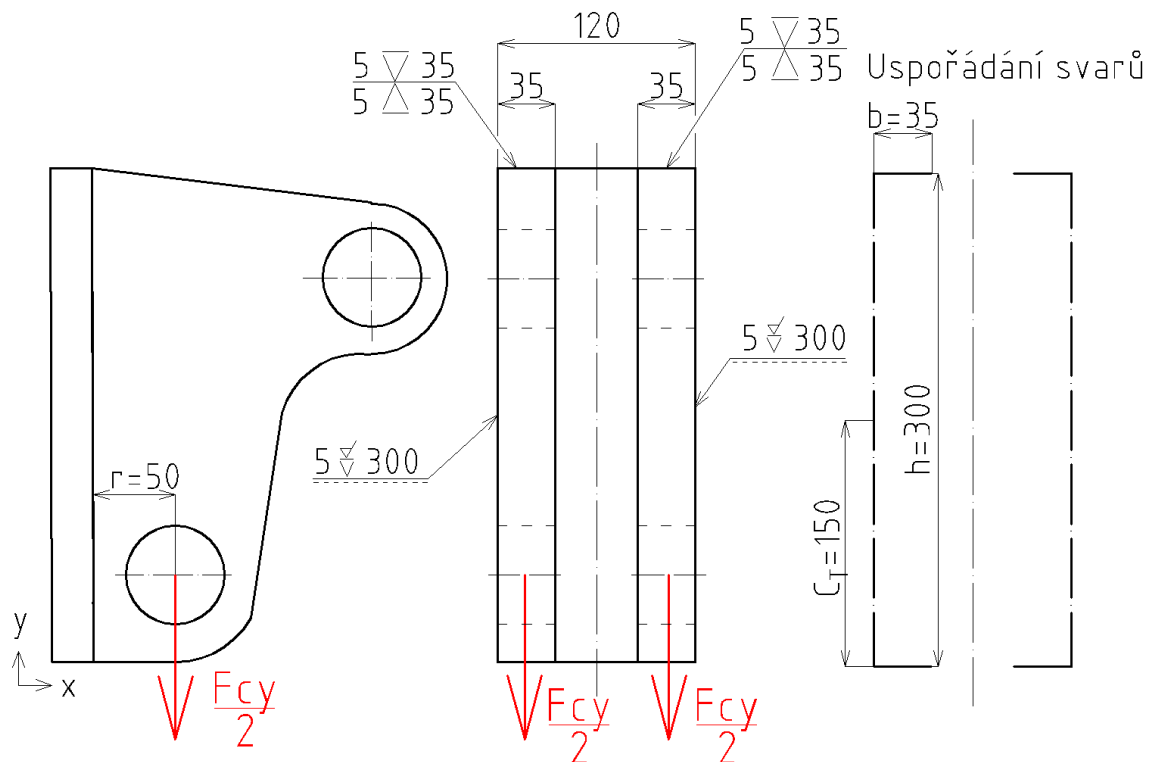
$$\tau_1 = 32 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 < \tau_{dov}$$

$$32 < 40 \quad \textbf{Vyhovuje}$$

14 KONTROLA SVAROVÝCH SPOJŮ

Výpočet svarů bude proveden dle literatury [4]. K výpočtu je nápomocen obrázek 21.



Obr. 21 Schéma svarového spoje, a znázornění zatěžující síly

Materiál	S355JR
Tloušťka svaru	$z = 5 \text{ mm}$
Zatěžující síla	$F_{cy}/2 = 30\,007 \text{ N}$
Minimální mez kluzu	$R_e = 410 \text{ MPa}$

Plocha účinného průřezu

$$S_{úp} = 0,707 \cdot z \cdot (2 \cdot b + h) \quad (47)$$

$$S_{úp} = 0,707 \cdot 5 \cdot (2 \cdot 35 + 300)$$

$$S_{úp} = 1308 \text{ mm}^2$$

$S_{úp}$	$[\text{mm}^2]$	Plocha účinného průřezu
z	$[\text{mm}]$	Tloušťka svaru

Jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu

$$J_{zu} = \frac{h^2}{12} \cdot (6 \cdot b + h) \quad (48)$$

$$J_{zu} = \frac{300^2}{12} \cdot (6 \cdot 35 + 300)$$

$$J_{zu} = 3\,825\,000 \text{ mm}^4$$

J_{zu} [mm⁴] Jednotkový osový kvadratický moment průřezu

Celkový osový kvadratický moment účinného průřezu

$$J_z = 0,707 \cdot z \cdot J_{zu} \quad (49)$$

$$J_z = 0,707 \cdot 5 \cdot 3\,825\,000$$

$$J_z = 13\,521\,375 \text{ mm}^4$$

J_z [mm⁴] Celkový osový kvadratický moment průřezu

Smykové napětí od posouvající síly

$$\tau' = \frac{\left(\frac{F_{cy}}{2}\right)}{S_{úp}} \quad (50)$$

$$\tau' = \frac{30\,007}{1308}$$

$$\tau' = 22,94 \text{ MPa}$$

τ' [MPa] Smykové napětí od posouvající síly

Moment od zátěžné síly

$$M_z = \frac{F_{cy}}{2} \cdot r \quad (51)$$

$$M_z = 30\,007 \cdot 50$$

$$M_z = 1\,500\,350 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1500 \text{ N} \cdot \text{m}$$

M_z [N·m] Moment od zátěžné síly

Poloha těžiště v ose Y

$$c_T = \frac{h}{2} \quad (52)$$

$$c_T = \frac{300}{2}$$

$$c_T = 150 \text{ mm}$$

Smykové napětí od momentu vyvolaného zátěžnou silou

$$\tau'' = \frac{M_z \cdot c_T}{J_z} \quad (53)$$

$$\tau'' = \frac{1\,500\,350 \cdot 150}{13\,521\,375}$$

$$\tau'' = 16,64 \text{ MPa}$$

$$\tau'' \quad [\text{MPa}] \quad \text{Smykové napětí od momentu síly}$$

14.1 CELKOVÉ SMYKOVÉ NAPĚTÍ VE SVARU

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} \quad (54)$$

$$\tau = \sqrt{22,94^2 + 16,64^2}$$

$$\tau = 28,34 \text{ MPa}$$

$$\tau \quad [\text{MPa}] \quad \text{Celkové smykové napětí}$$

14.2 VÝPOČET DOVOLENÉHO NAPĚTÍ

$$R_{es} = 0,577 \cdot R_e \quad (55)$$

$$R_{es} = 0,577 \cdot 410$$

$$R_{es} = 237 \text{ MPa}$$

$$R_{es} \quad [\text{MPa}] \quad \text{Dovolené napětí v závislosti na proměnlivém namáhání}$$

14.3 VÝPOČET BEZPEČNOSTI SVAROVÉHO SPOJE

$$k = \frac{R_{es}}{\tau} \quad (56)$$

$$k = \frac{237}{28,34}$$

$$k = 8,36 \quad \text{Vyhovuje}$$

15 ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ

Konstrukce

Pro správnou činnost drapáku je vhodné jej jednou za čas zkontrolovat. Podívat se, kterak je to s opotřebením hran chapadel, které jsou nejvíce namáhány při nabírání materiálu. Zda se zde nenalézají velké trhliny, a nedochází tímto ke snížení bezpečnosti zařízení a k nechtěnému propadu materiálu při manipulaci. [5]

Pohyblivé části

Do této kategorie spadají čepy. Obsluha zařízení by měla dbát na jejich čistotu, a dostatečné mazání. K doplnění maziva do mechanismu slouží zabudované maznice. Doplnění maziva závisí na četnosti používání celého zařízení.[5]

Hydromotory

Jsou bezesporu nejnáchylnější součástí celého celku. Je nutné udržovat pístnice čisté a promazané. Mazání je nutno dodávat taktéž do závěsných ok hydromotoru, k tomuto účelu jsou i zde umístěny maznice. Kontrolu a údržbu pístnic hydromotorů bych doporučoval provádět alespoň jednou týdně, ale stejně jako u čepů závisí i tento prvek na intervalech používání.[5]

16 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce je přiblížit veřejnosti drapák jakožto prostředek pro manipulaci s materiálem. Práce zahrnuje stručné rozdělení jednotlivých drapáků spolu s jejich vyobrazeními, součástí je i originální konstrukční návrh tohoto zařízení.

Nejprve byla provedena rešerše stávajících zařízení na trhu. Byly vybrány typy drapáků, které se co nejvíce přibližují parametrům ze zadání.

Dalším krokem byl podrobnější rozbor polypového drapáku, kde byl sledován tvar a vzájemné uchycení jednotlivých dílů, byly taktéž předběžně vybrány komponenty, které obstarávají pohyb zařízení.

Následovala tvorba virtuálního modelu spolu s výpočtovou částí. Model byl v průběhu několikrát upravován v závislosti na funkčních výpočtech a parametrech zadání. Některé návrhy jsou znázorněny v kapitole: Konstrukční návrhy. Výpočtová část se týká hlavně čepů a přímočarých hydromotorů. Z modelu byly dále vytvořeny samostatné výkresy součástí, svarků a sestavy.

Jelikož je drapák určen k manipulaci i se sypkým materiálem, jsou tomu uzpůsobeny jednotlivá chapadla. V mém případě se jedná o čtyři chapadla s plochou tvaru listu. Činnost jednotlivých chapadel je zajištěna pomocí čtyř hydromotorů. O otáčení drapáku okolo svislé osy se stará rotátor, který je stejně jako hydromotory poháněn hydraulicky, a to přímo nosným strojem. Nosičů pro polypový drapák může být mnoho. V mém případě se bude jednat o kolové rypadlo, může jít například o stroj Liebherr A 924 Litronic nebo Atlas 270MH.[8][15]



Obr. 22 Atlas 270MH [15]

17 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJE INFORMACÍ

- [1] ZÁLEŽÁK, Milan. *Technológia v prístavoch a prekladiskách. 3 - DRAPÁKY*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline v EDIS, 2004. ISBN 80-8070-200-4.
- [2] ZÁLEŽÁK, Milan. *Technológia v prístavoch a prekladiskách. 4, Drapákovovo-zásobníkové prekladače*. Žilina: EDIS, 2004. ISBN 80-8070-201-2.
- [3] HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-214-3607-7.
- [4] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [5] VAVRLA, P. *Hydraulická drapáková lopata*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 70s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.
- [6] ROZSÍVAL, Jiří. Zařízení pro manipulaci s kovovým odpadem [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2017-05-16]. Available from: <<http://theses.cz/id/bs9dp3/>>. Bachelor's thesis. VŠB-Technical University of Ostrava, Fakulta strojní. Thesis supervisor Ladislav Kovář
- [7] JANYŠ, Bohumil a František GLANC, ed. *Dílenské tabulky: technické tabulky pro 1., 2. a 3. roč. OU a UŠ všech učebních oborů strojírenství*. 5., přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1976.
- [8] *Liebherr s.r.o.* [online]. Brno: international Group & family enterprise, 2017 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/start/start-page.html>
- [9] *Davon s.r.o.* [online]. Šumperk, c2013 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.davoncompany.com/cz/>
- [10] *Rozzi S.p.a* [online]. Italy, c2014 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.rozzi.it/#>
- [11] *Gusella Bakker Sales BV* [online]. Nizozemsko, c2017 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://gusella.net/>
- [12] *Hydraulika Petráš s.r.o.* [online]. Luhačovice, c2014 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.hydraulika-petras.cz/cs>
- [13] *BALTROTORS Ltd.* [online]. Lotyšsko, c1997 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.baltrotors.lv/>
- [14] *Hydraulics s.r.o.* [online]. Slopné, c2011 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.hydraulics.cz/>
- [15] *Atlas GmbH.* [online]. Germany, c2015 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.atlasgmbh.com/en/index.aspx>

18 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

C_T	[mm]	Poloha těžiště v ose Y
D	[mm]	Průměr pístu přímočarého hydromotoru
d	[mm]	Průměr pístnice přímočarého hydromotoru
$d_{\check{c}1}$	[mm]	Průměr čepu (základna-chapadlo)
$d_{\check{c}2}$	[mm]	Průměr čepu (chapadlo-hydromotor)
F_c	[N]	Celková síla ve vazbě C
F_{cx}	[N]	Síla ve vazbě C ose X
F_{cy}	[N]	Síla ve vazbě C ose Y
F_g	[N]	Tíhová síla působící na chapadlo
F_{H1}	[N]	Síla od hydromotoru v ose X
F_{H2}	[N]	Síla od hydromotoru v ose Y
F_j	[N]	Jmenovitá vysouvací síla hydromotoru
F_{max}	[N]	Maximální síla vysouvací hydromotoru
F_{max}	[N]	Maximální síla vysouvací hydromotoru
J_z	[mm ⁴]	Celkový osový kvadratický moment průřezu
J_{zu}	[mm ⁴]	Jednotkový osový kvadratický moment průřezu
k	[-]	Bezpečnost
L_0	[mm]	Konstrukční délka hydromotoru
L_1	[mm]	Vzdálenost středu oka na pístnici od tubusu hydromotoru
l_1	[mm]	Rameno silového zatížení q_2 řezu 1
L_2	[mm]	Vzdálenost středu oka přivařeného na tubusu od tubusu
l_2	[mm]	Rameno silového zatížení q_2 řezu 2
l_3	[mm]	Rameno silového zatížení q_1 v řezu 2
L_{max}	[mm]	Rozteč ok při vysunuté pístnici
L_{min}	[mm]	Rozteč ok při zasunuté pístnici
m_c	[kg]	Celková hmotnost zařízení
m_h	[kg]	Hmotnost přímočarého hydromotoru
m_h	[kg]	Hmotnost přímočarého hydromotoru
m_{h1}	[kg]	Konstanta hmotnosti hydromotoru
m_{h2}	[kg·mm ⁻¹]	Konstanta hmotnosti hydromotoru při zdvihu Z
m_{ch}	[kg]	Hmotnost chapadla
m_k	[kg]	Hmotnost konstrukce

m_m	[kg]	Hmotnost nabíraného materiálu
M_{o1}	[N·mm]	Ohybový moment 1
M_{o2}	[N·mm]	Ohybový moment 2
M_{omax}	[N·m]	Maximální ohybový moment
m_r	[kg]	Hmotnost rotátoru
M_z	[N·m]	Moment od zátěžné síly
p_1	[MPa]	tlak ve stykové ploše a
p_{11}	[MPa]	Tlak ve stykové ploše b
p_2	[MPa]	tlak ve stykové ploše b
p_{22}	[MPa]	Tlak ve stykové ploše a
p_j	[MPa]	Jmenovitý tlak soustavy hydromotoru
p_{max}	[MPa]	Maximální tlak soustavy hydromotoru
p_{max}	[MPa]	Maximální tlak soustavy hydromotoru
q_1	[N·mm ⁻¹]	Spojité zatížení na ploše b
q_2	[N·mm ⁻¹]	Spojité zatížení na ploše a
Q_r	[m ³ ·s ⁻¹]	Maximální průtok zajištěný hydrogenerátorem nosičem
R_{es}	[MPa]	Dovolené napětí v závislosti na proměnlivém namáhání
S_A	[m ²]	Obsah výpočtové podstavy jehlanu
S_B	[m ²]	Obsah výpočtové podstavy jehlanu
S_C	[m ²]	Obsah výpočtové podstavy jehlanu
S_p	[mm ²]	Plocha pístu přímočarého hydromotoru
S_{p1}	[mm ²]	Plocha pístu přímočarého hydromotoru (mezikruží)
$S_{úp}$	[mm ²]	Tloušťka svaru
t_o	[s]	Minimální čas zasouvání pístnice
t_z	[s]	Minimální čas vysouvání pístnice
V_1	[m ³]	Objem výpočtové části
V_2	[m ³]	Objem výpočtové části
V_3	[m ³]	Objem výpočtové části
V_c	[m ³]	Celkový objem drapáku
v_v	[m·s ⁻¹]	Rychlost vysouvání pístnice
v_z	[m·s ⁻¹]	Rychlost zasouvání pístnice
W_o	[mm ⁴]	Kvadratický moment průřezu v ohybu
z	[mm]	Tloušťka svaru

Z_{PHM}	[mm]	Zdvih přímočarého hydromotoru
σ_{dov}	[MPa]	Dovoleného ohybového napětí
τ	[MPa]	Celkové smykové napětí
τ'	[MPa]	Smykové napětí od posouvající síly
τ''	[MPa]	Smykové napětí od momentu síly

19 SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

Sestava

B123/0.1 DRAPÁK

Podsestavy

B132/1.3 ZÁKLADNA

B132/2.2 CHAPADLO

Kusovníky

B123/0.4 DRAPÁK

B123/1.4 ZÁKLADNA

B123/2.4 CHAPADLO

Výkres součástí

B123/0-1.4 ČEP KRÁTKÝ

B123/1-1.4 KŘÍŽ HORNÍ

B123/2-1.2 DRÁP